IPA Software Reliability Enhancement Center
Information-technology Promotion Agency, Japan

ESTA
Embedded System Testing Reference Guide

ET-West2013 ブース内セミナー

組込みソフトウェアテスト事例集の紹介
組込みソフトウェア開発における品質向上の勧め
[テスト編～事例集～]

2013年6月13日

独立行政法人 情報処理推進機構
技術本部 ソフトウェア高信頼化センター

システムグループ　研究員　　石田　茂

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

組込みソフトウェアテスト事例集

Practical Testing Examples

SEC Software Reliability Enhancement Center

新刊

Recommendations for Improvement of Quality of Embedded Software Development [w/ Practical Testing Examples]

2012年11月12日発行

書籍：

A5判、100ページ

定価500円（税込）

pdf版：

http://sec.ipa.go.jp/publish/index.html#emb

無償

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

目次

1. テストの重要性と課題
2. テスト事例集のコンセプト
3. テスト事例集の構成
4. 利用方法
5. 事例紹介

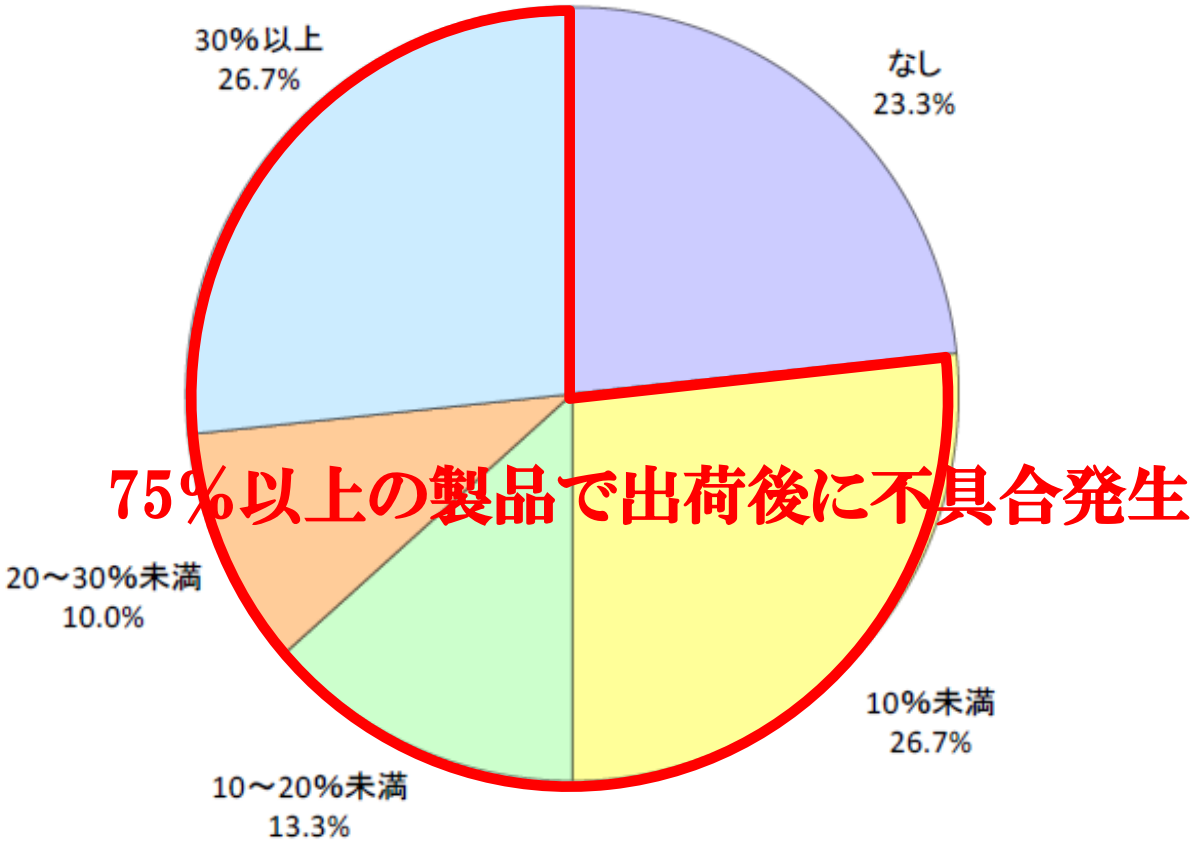
Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

1．1　組込みシステムの不具合発生状況-1

SEC Software Reliability Enhancement Center

2012年版組込みソフトウェア産業実態把握調査報告書

不具合発生製品率

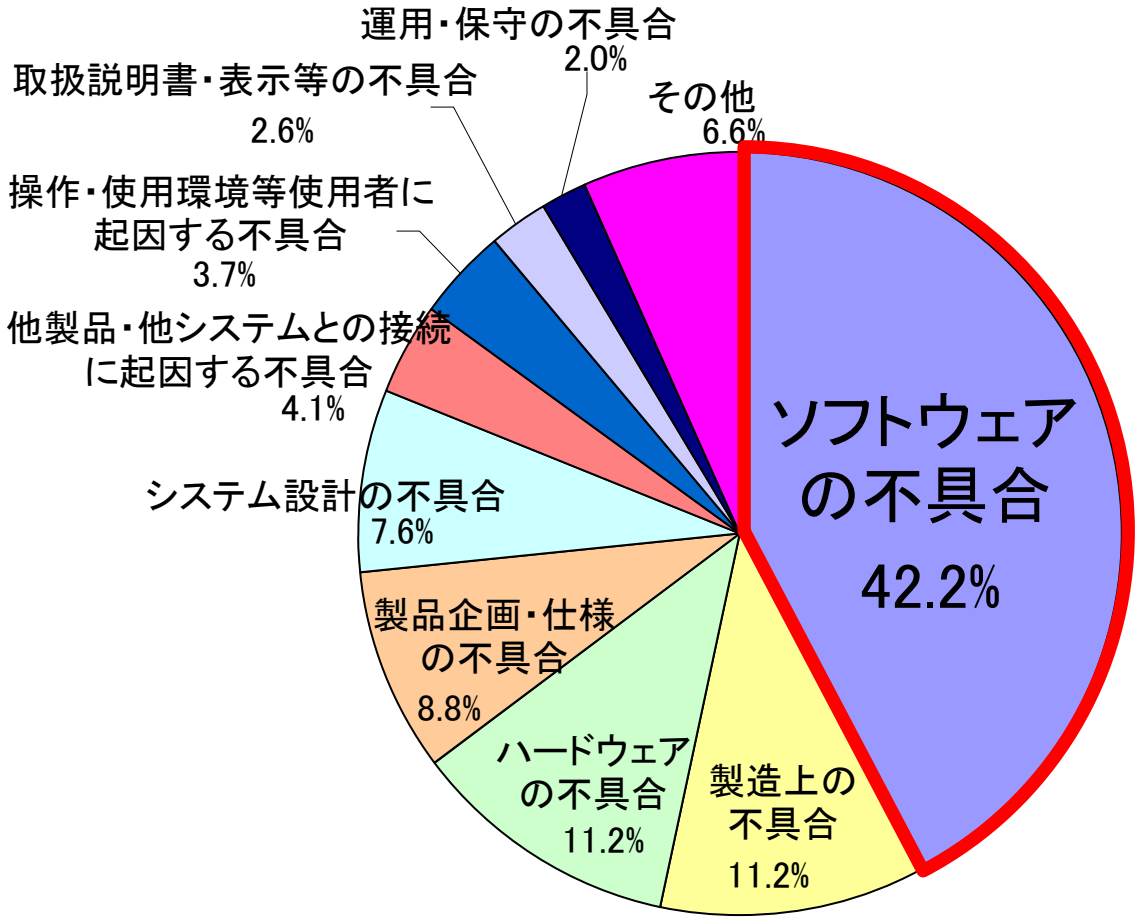


Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

1．1　組込みシステムの不具合発生状況-2

2011年版組込みソフトウェア産業実態把握調査報告書

出荷後の不具合原因(製品ベース)



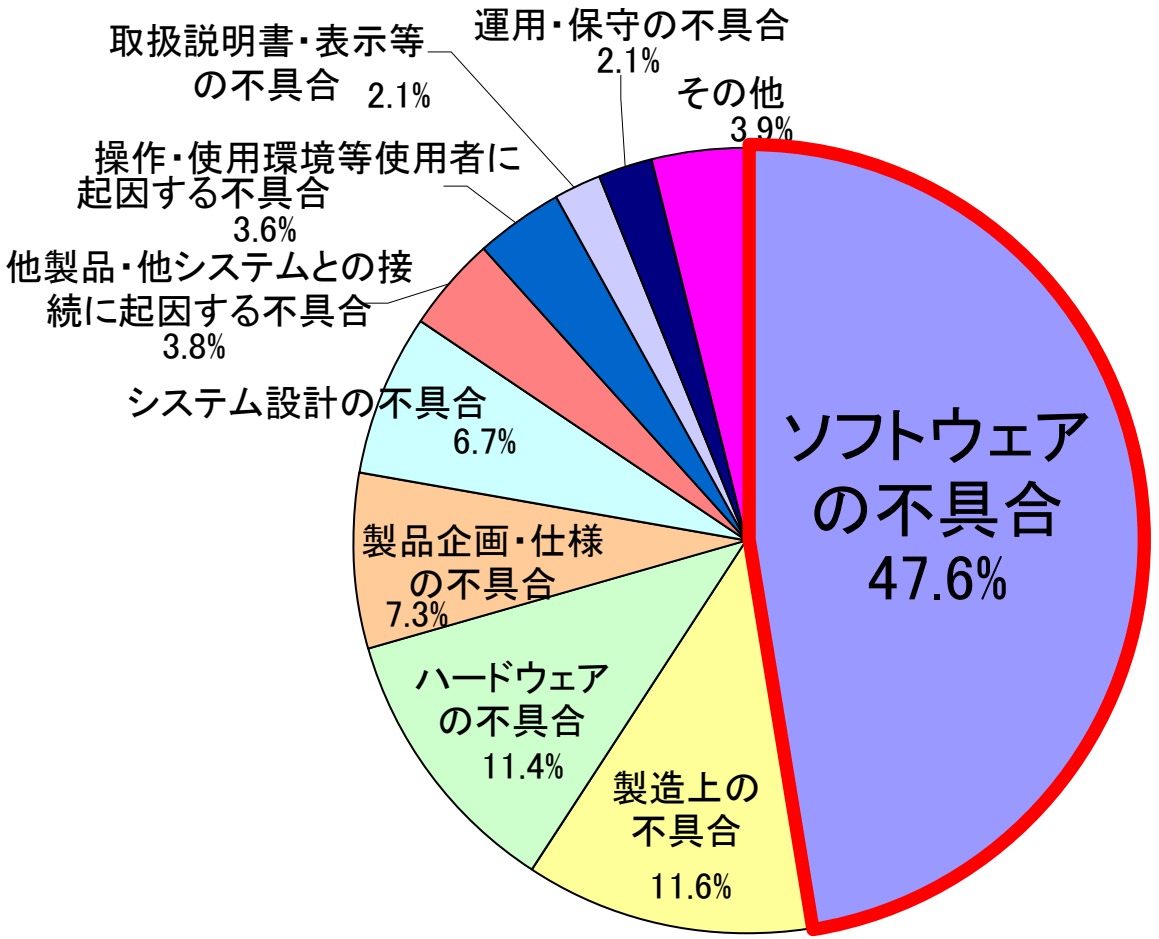
製品ベースでも、不具合原因で最も多いのがソフトウェア不具合

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

1．1　組込みシステムの不具合発生状況-3

2011年版組込みソフトウェア産業実態把握調査報告書

出荷後の不具合原因(件数ベース)



件数ベースでも、不具合原因で最も多いのがソフトウェア不具合

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

SEC Software Reliability Enhancement Center

課題（アンケート、ヒアリングの結果）

必要だが、無いと考えているもの

① ・テスト十分性を評価する尺度

1．『現実的』な品質とコストのバランスのとり方
2．開発『現場』の事情・状況に即した、
3．『実用的』な標準、基準とその策定の考え方
4．手法の『実用的』な活用方法、勘所

⑥ ・テスト工程毎の目的・範囲の標準

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

IPAへの期待（アンケート、ヒアリングの結果）

標準や基準と、その基本となる考え方が欲しい

汎用的な解はなさそう。
理論的な解はあっても、実用的な解はない。
　⇒他社はどうしているか、他社事例を参考にしたい。

自社の事例は出せないが、他社の事例は知りたい

自社のテスト基準や考え方を開示すると、
ネガティブキャンペーンに使われかねない
⇒他社とベンチマークして自社の妥当性を評価したい

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

２．２　前提

SEC
Software Reliability Enhancement Center

現実的には、

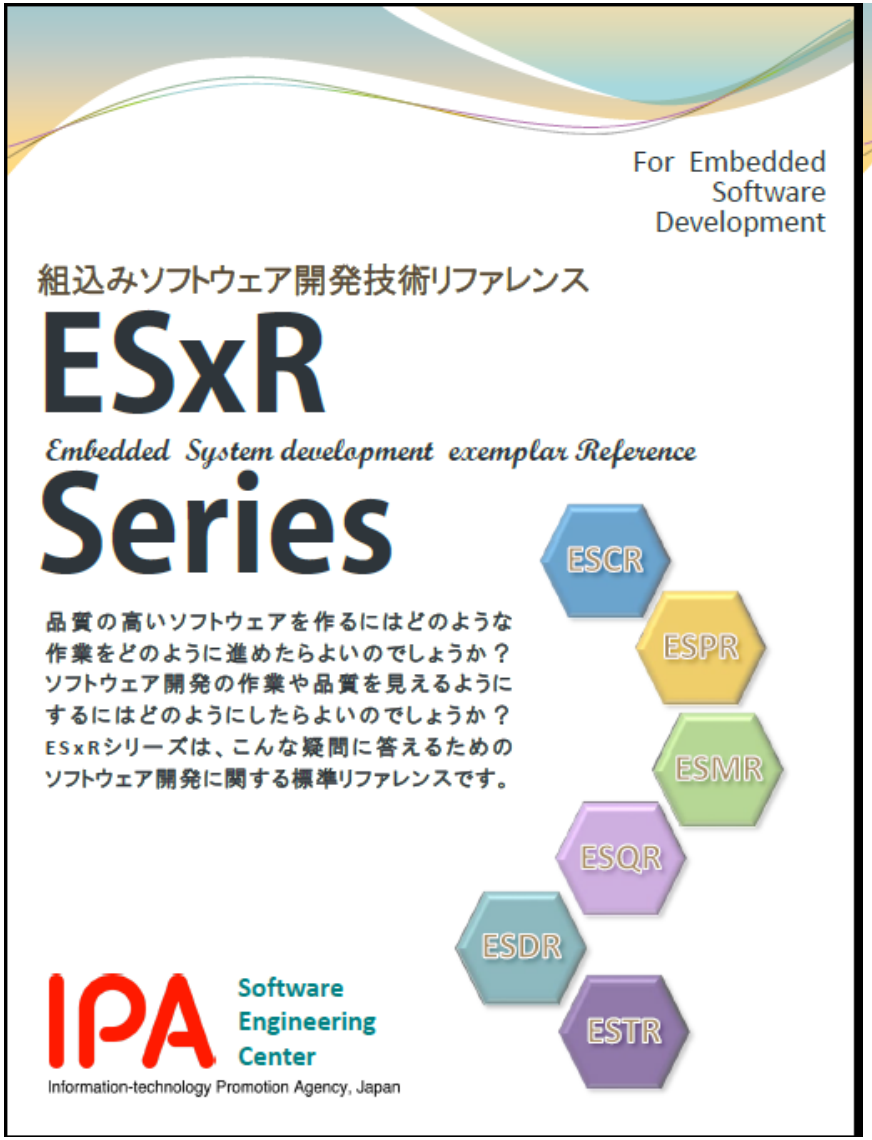
- いくらテストしても、バグ0にはならない
- テスト偏重による弊害がある
- 品質とコストのバランスが必要

この前提のもとに、
先進企業が実践する事例を収集し、
公開可能な表現に加工し、
事例集として発行することとした。

ベストプラクティス集ではない。
某社に100PJあり、その内たった一つのベストプラクティスを紹介してもベンチマークできない。残り99PJの実態を示す。

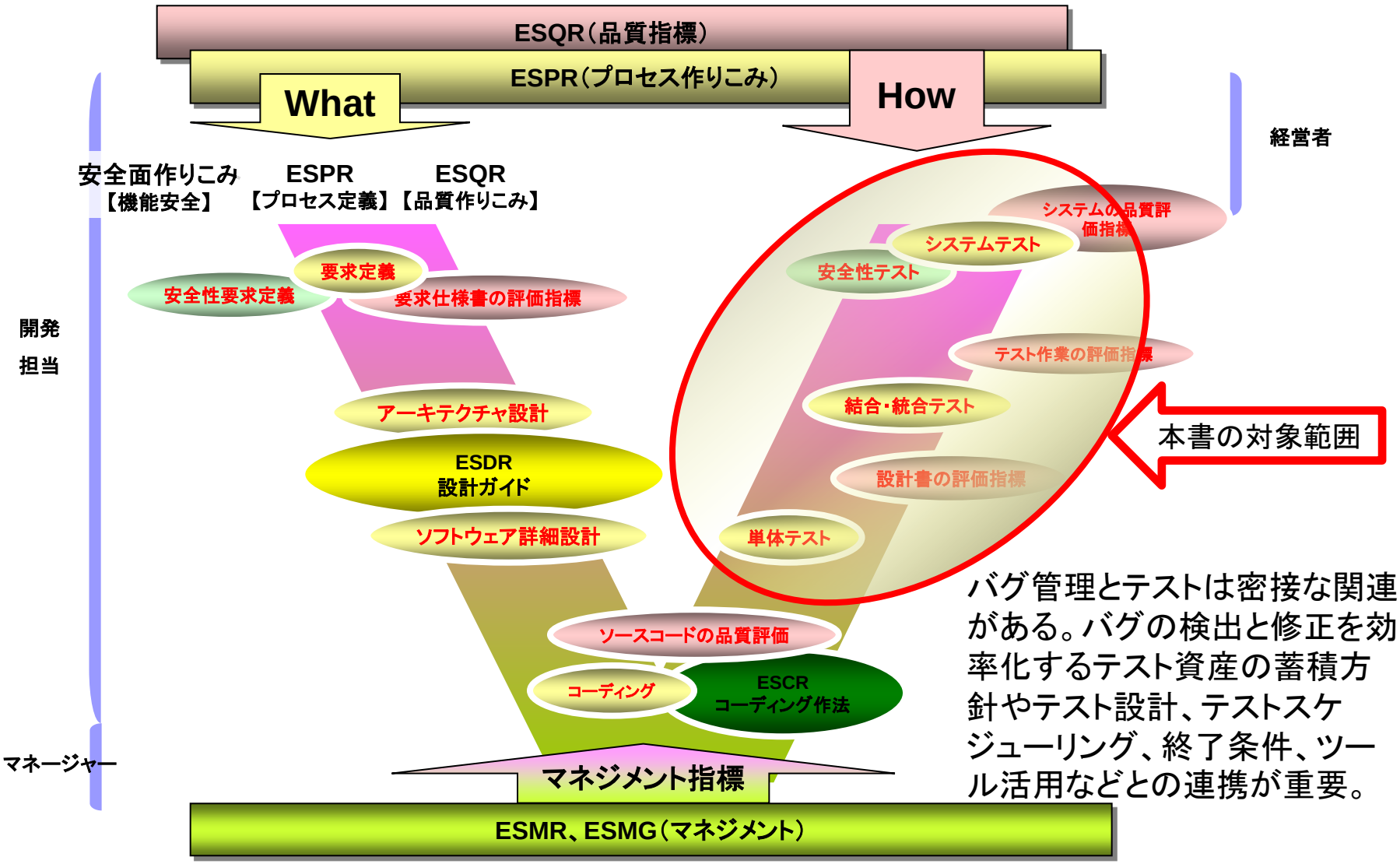
Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

2．4　ESxRシリーズにおける位置付け



Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

2．4　ESxRシリーズにおける位置付け



バグ管理とテストは密接な関連がある。バグの検出と修正を効率化するテスト資産の蓄積方針やテスト設計、テストスケジューリング、終了条件、ツール活用などとの連携が重要。

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

4．1　3つのPertで36事例を解説

SEC Software Reliability Enhancement Center

【事例構成】3つの視点で36事例を分類

Part 1.　テストの役割と限界　19種

・テストの役割　（テストの実施方法、考え方・・・）
・テストの限界　（効率的なテスト方法・・・）
・基準値・目標値・終了条件　（尺度等の標準化・・・）

Part 2.　テストへの要求と対応状況　8種

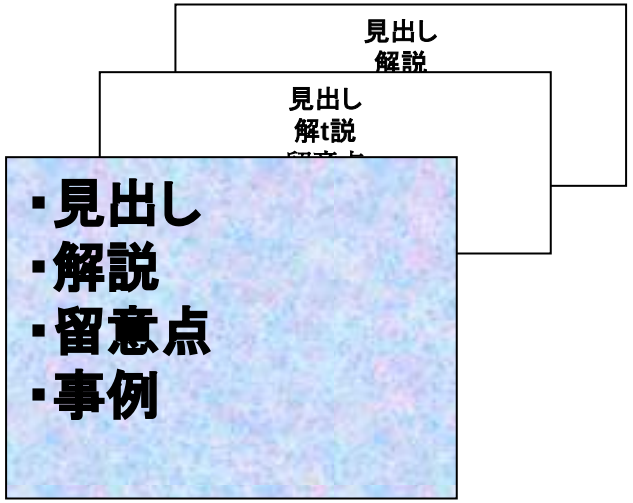
・ツール活用　（効率化のためのツール活用・・・）
・公的機関における基準　（公的機関基準等の活用）

Part 3.　テストの基本的テクニック　9種

・テスト技術・技法の分類　（項目十分性の追及・・・）
・環境　（性能測定環境不可・・・）
・教育　（ユーザ視点教育・・・）

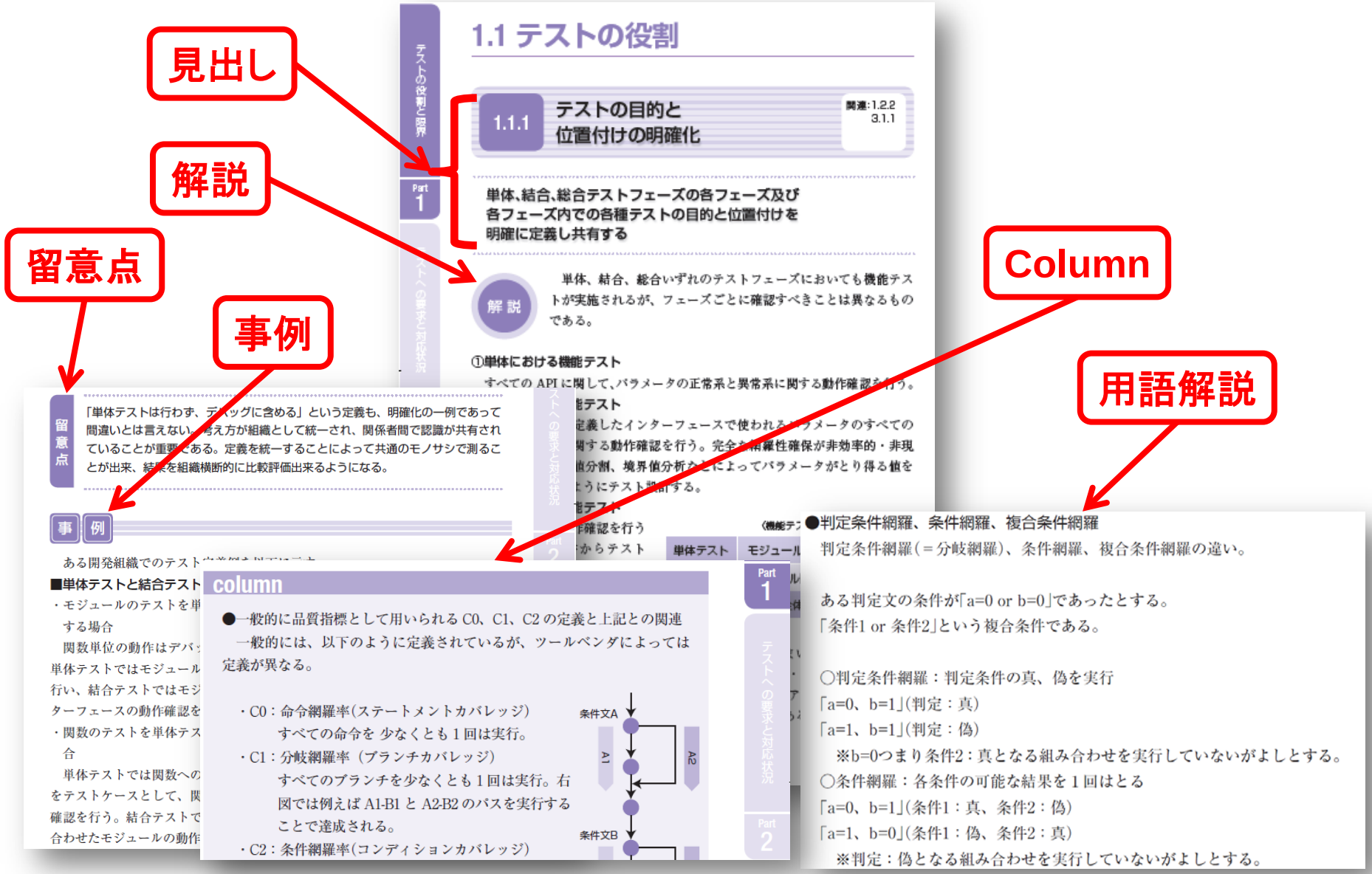
【事例記述構成】

個別課題と対策事例を整理



Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

4．3　各項の構成



Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

4．3　各項の構成

SEC
Software Reliability Enhancement Center

見出し	各事例での対策における基本的な考え方、あるいは重要事項を端的に記述
解説	開発現場で実践されている事例の内容を図表などを用いて解説
留意点	留意すべき点、関連するトピックを記述
事例	実際の具体例をポイントを示しながら、公開可能な表現で記述
Column	事例解説に関連した事項を記述
用語解説	本書で頻繁に用いる用語や勘違いしやすい用語を解説

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

次のような場合に利用していただくことを想定しました

- 論理的に妥当性を証明し難い「当たり前」の裏付け
- 自社の場合と比較して、自社の取り組みを評価
- 自社の基準・標準を設定する際の参考
- 自社の基準・標準の妥当性を議論するきっかけ

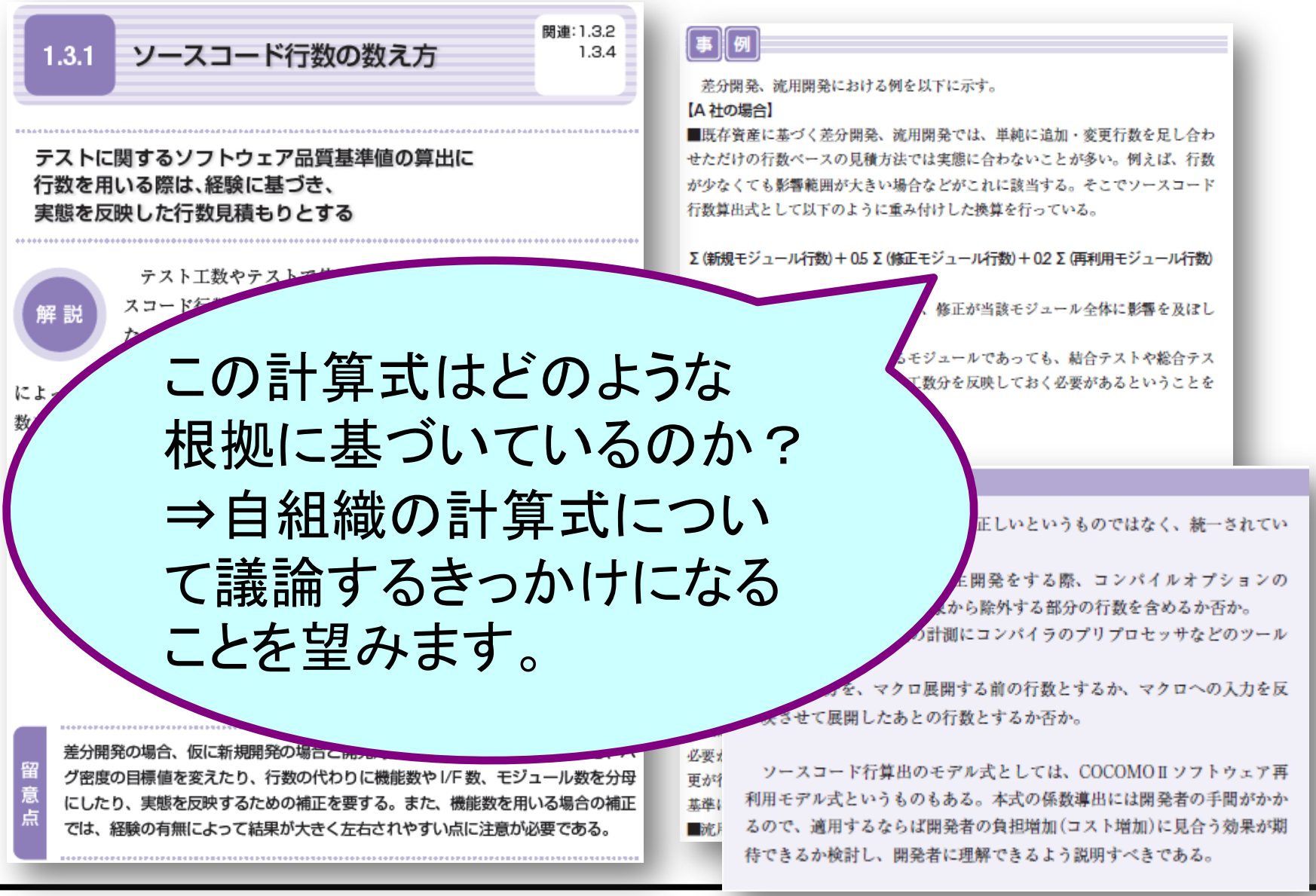
事例に対して異論もあるかと思います。
「派生開発には使えない」、「PJ毎に事情が異なる」・・・

大いに議論していただけるきっかけになれば幸いです。

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

事例紹介　1.3.1

SEC
Software Reliability Enhancement Center



この計算式はどのような
根拠に基づいているのか？
⇒自組織の計算式につい
て議論するきっかけになる
ことを望みます。

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

事例紹介　1.3.7

SEC
Software Reliability Enhancement Center

1.3.7 達成不可能なコードカバレッジ基準とその終了可否判断

関連：1.2.4

コードカバレッジ基準に満たない場合は
その理由を明確にして合理的に判断する。

解説

単体テストの結果、設
満たなかった場合、その結
なることがある。また、基準値
いというような現実的な状況に
また、差分開発・流用開発においては、
が存在することまで把握できないことも
このような場合、網羅しきれなかった
に応じて別の指標と組み合わせて評価
ト終了とするのが一般的である。

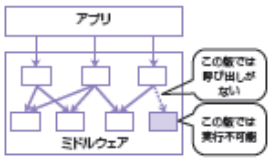
留意点

絶対に通過しないはずのパスでも、実際
る。例えば、下記事例のように上位関数で
上位関数でのチェック方法に誤りがあったり、
クを削除したときなど。

事例

ある組込み製品を開発している組織で、網羅率100%を目標としたが、100%を達成できずに、無駄な時間・工数を費やした事例を以下に示す。

■汎用性を考慮したミドルウェアの中の内部関数に、そのバージョンのシステムでは使われない関数が含まれていた。構造解析ツールで調べても、使用される関数からの呼び出し関係があり、実際には当該内部関数が使用されないこと



が自明ではなかったため、通過し得ないことが判明するのに時間がかかった。

■入力パラメータのチェックを必須とし、更に if then else の対応付けを行うようコーディング規約に定められていたため機械的に else 文を挿入したが、上位関数でチェック済みであったため、実行不可能なパスとなり、カバレッジ100%になり得ないケースが生じた。

行されるようにテストを設

nch Coverage：

場合がそれ

真偽が少な

個々の条件の真

現するようにテスト

erage：MCC)

すべての条件で、あり得るすべての結果の組み合せが少なくとも1回は出現するようにテストを設計する 。

・経路組み合わせ網羅(path coverage)

コード内のすべてのパス(制御パス)が少なくとも1回は実行されるようにテストを設計する。

「C0 100%は必須」が組織の暗黙の不文律になっていたり、トップ指示になっていて、苦慮しているということはありませんか？

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

事例紹介　2.1.3

SEC
Software Reliability Enhancement Center

2.1.3 ツールのポータル化

関連: 2.1.1/ 2.1.2/2.1.4/ 2.1.5/2.1.6

ツールを活用するには、導入後のメンテナンスコスト負担の問題を解消する必要がある。とくに大きな組織でツールを統一する場合には、ツールをポータル化してサービス提供することも選択肢に入れる

解説

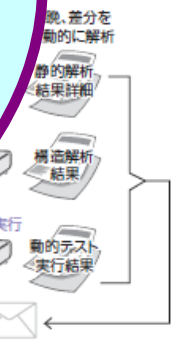
ツールを適用す
グループ会社全体な
ツールを適用するには
①ツール利用環境構築
②利用者への運用教育
③ライセンス費用
④保守サービス費用
などのイニシャル/ランニング・コス
教育が必要になるが、全社やグルー
適用する際には、全利用者にそれら
うな場合には、推奨ツールをポータル
負担を軽減する方法がある。
ポータル化によって、導入・運用常態化

留意点

◆ツール利用のタイミングが遅れることがないよう
ルを使えるようにサービス提供すべきである。
◆静的解析ツールの利用タイミングが遅れたため、ツールの指摘に
(=開発者)の対応が表面的なものになってしまい、ツール適用効果が得られなかっ
たという事例がある。

事例

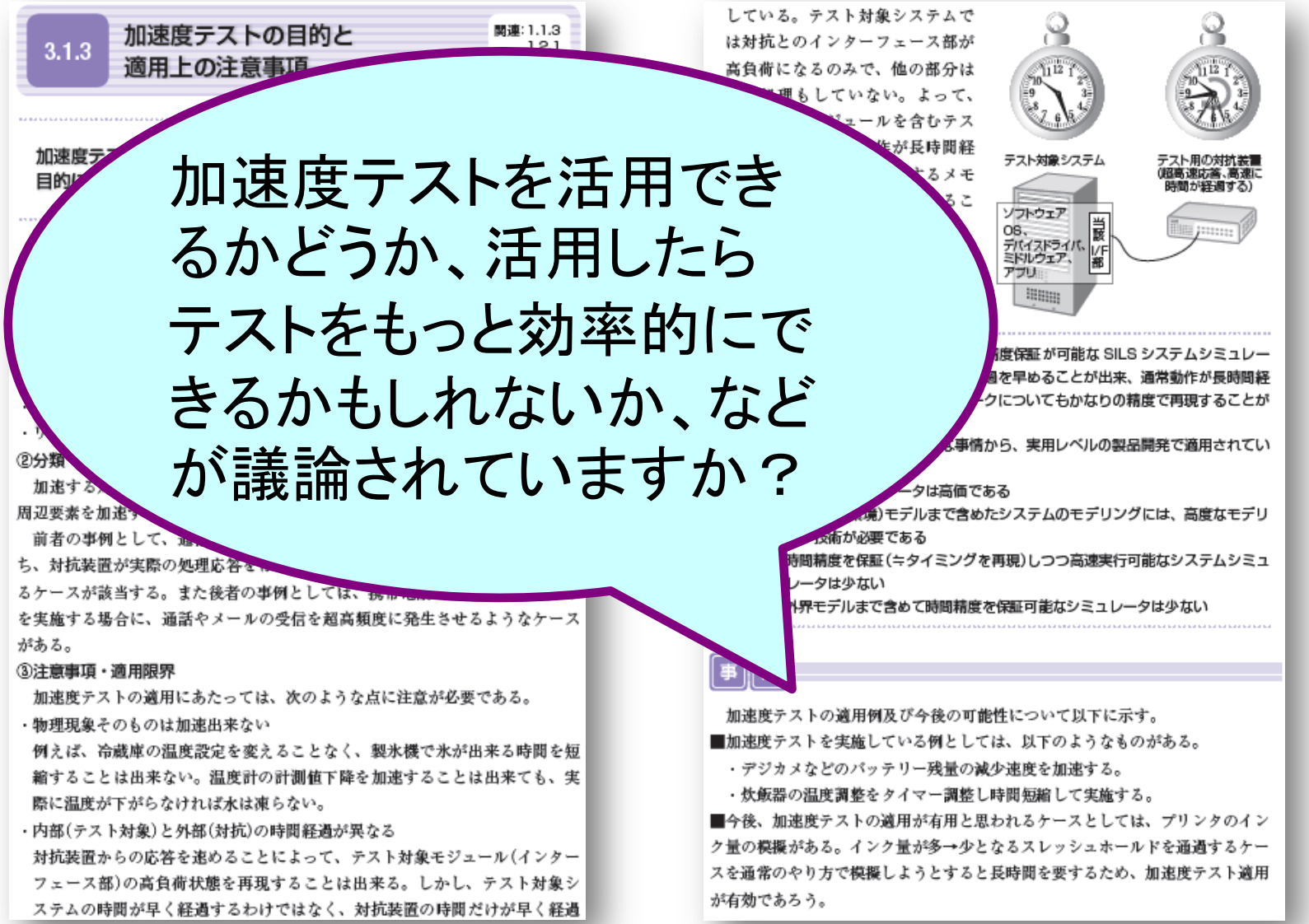
ツール利用のタイミングについて、以下に例を示す。
ソースコード静的解析ツールとソースコードバージョン管理ツールとを連携し、夜間バッチを利用して、チェックインされたソースコードを自動的に静的解析ツールにかけて、朝には担当者に結果がメールで配信される仕組みを構築した。
①開発者は、帰宅前にソースコードをリポジトリにチェックインする
インテグレーションツールがソースコードの差分を読み
静的解析、構造解析、ビルド、更
行する
結果を朝までに開発者宛
前提となってい



ツール活用の効果は分かってはいるけれど、このPJで、そんな高価なツールを買う余裕はない。そんなケースがありませんか？

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

事例紹介　3.1.3



3.1.3 加速度テストの目的と適用上の注意事項

関連: 1.1.3

②分類

加速する

周辺要素を加速す

前者の事例として、

ち、対抗装置が実際の処理応答を

るケースが該当する。また後者の事例としては、

を実施する場合に、通話やメールの受信を超高頻度に発生させるようなケースがある。

③注意事項・適用限界

加速度テストの適用にあたっては、次のような点に注意が必要である。

・物理現象そのものは加速出来ない

例えば、冷蔵庫の温度設定を変えることなく、製氷機で氷が出来る時間を短縮することは出来ない。温度計の計測値下降を加速することは出来ても、実際に温度が下がらなければ水は凍らない。

・内部(テスト対象)と外部(対抗)の時間経過が異なる

対抗装置からの応答を速めることによって、テスト対象モジュール(インターフェース部)の高負荷状態を再現することは出来る。しかし、テスト対象システムの時間が早く経過するわけではなく、対抗装置の時間だけが早く経過

している。テスト対象システムでは対抗とのインターフェース部が高負荷になるのみで、他の部分は

ュールを含むテス

作が長時間経

するメモ

ること

テスト対象システム

テスト用の対抗装置(超高速応答、高速に時間が経過する)

ソフトウェア OS、デバイスドライバ、ミドルウェア、アプリ

当該I/F部

度保証が可能な SILS システムシミュレー

過を早めることが出来、通常動作が長時間経

クについてもかなりの精度で再現することが

る事情から、実用レベルの製品開発で適用されてい

ータは高価である

境)モデルまで含めたシステムのモデリングには、高度なモデリ

技術が必要である

時間精度を保証(≒タイミングを再現)しつつ高速実行可能なシステムシミュ

レータは少ない

外界モデルまで含めて時間精度を保証可能なシミュレータは少ない

事

加速度テストの適用例及び今後の可能性について以下に示す。

■加速度テストを実施している例としては、以下のようなものがある。

・デジカメなどのバッテリー残量の減少速度を加速する。

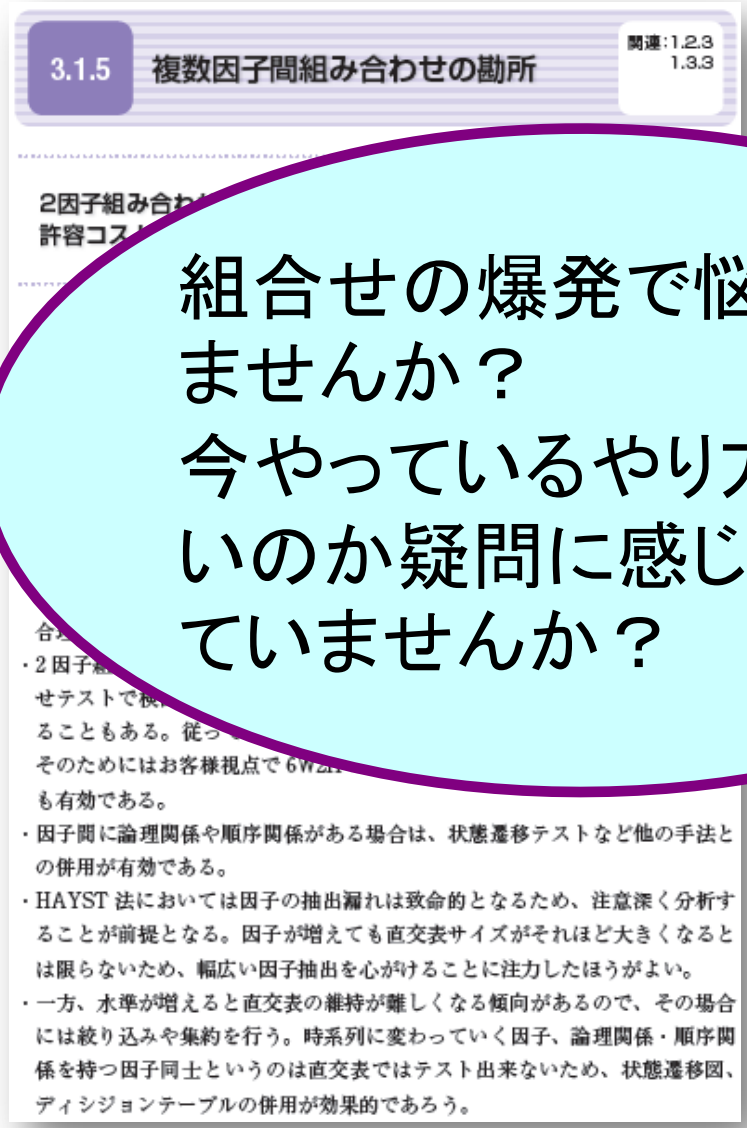
・炊飯器の温度調整をタイマー調整し時間短縮して実施する。

■今後、加速度テストの適用が有用と思われるケースとしては、プリンタのインク量の模擬がある。インク量が多→少となるスレッシュホールドを通過するケースを通常のやり方で模擬しようとすると長時間を要するため、加速度テスト適用が有効であろう。

加速度テストを活用できるかどうか、活用したらテストをもっと効率的にできるかもしれないか、などが議論されていますか？

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

事例紹介　3.1.5

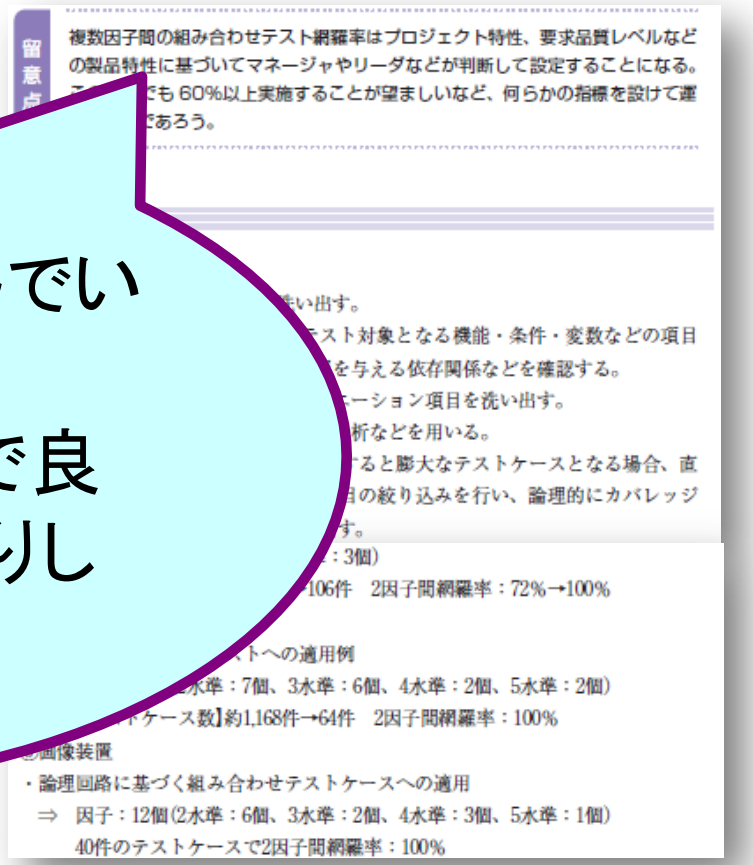


3.1.5　複数因子間組み合わせの勘所

関連：1.2.3
1.3.3

2因子組み合わ
許容コス

合
・2因子
せテストで
ることもある。従
そのためにはお客様視点で6W
も有効である。
・因子間に論理関係や順序関係がある場合は、状態遷移テストなど他の手法との併用が有効である。
・HAYST 法においては因子の抽出漏れは致命的となるため、注意深く分析することが前提となる。因子が増えても直交表サイズがそれほど大きくなるとは限らないため、幅広い因子抽出を心がけることに注力したほうがよい。
・一方、水準が増えると直交表の維持が難しくなる傾向があるので、その場合には絞り込みや集約を行う。時系列に変わっていく因子、論理関係・順序関係を持つ因子同士というのは直交表ではテスト出来ないため、状態遷移図、ディシジョンテーブルの併用が効果的であろう。



留意点

複数因子間の組み合わせテスト網羅率はプロジェクト特性、要求品質レベルなどの製品特性に基づいてマネージャやリーダなどが判断して設定することになる。
でも60%以上実施することが望ましいなど、何らかの指標を設けて運
であろう。

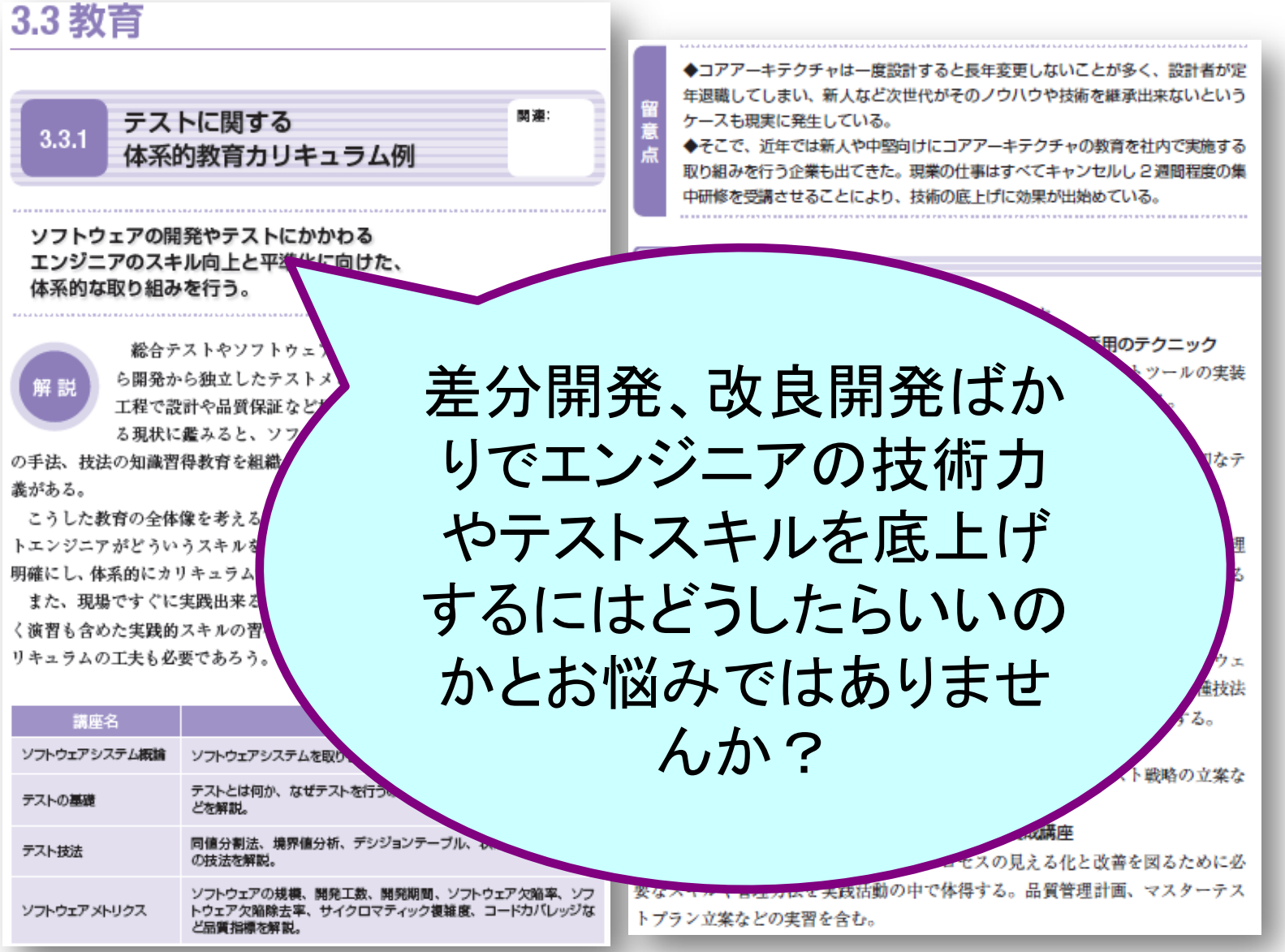
い出す。
スト対象となる機能・条件・変数などの項目
を与える依存関係などを確認する。
ーション項目を洗い出す。
析などを用いる。
すると膨大なテストケースとなる場合、直
目の絞り込みを行い、論理的にカバレッジ
す。
：3個）
106件　2因子間網羅率：72%→100%

トへの適用例
水準：7個、3水準：6個、4水準：2個、5水準：2個）
トケース数】約1,168件→64件　2因子間網羅率：100%
画像装置
・論理回路に基づく組み合わせテストケースへの適用
⇒　因子：12個(2水準：6個、3水準：2個、4水準：3個、5水準：1個)
40件のテストケースで2因子間網羅率：100%

組合せの爆発で悩んでいませんか？
今やっているやり方で良いのか疑問に感じたりしていませんか？

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

事例紹介　3.3.1



3.3 教育

3.3.1 テストに関する体系的教育カリキュラム例

関連:

ソフトウェアの開発やテストにかかわるエンジニアのスキル向上と平準化に向けた、体系的な取り組みを行う。

解説

総合テストやソフトウェア
ら開発から独立したテストメ
工程で設計や品質保証など
る現状に鑑みると、ソフ
の手法、技法の知識習得教育を組織
義がある。
こうした教育の全体像を考える
トエンジニアがどういうスキル
明確にし、体系的にカリキュラム
また、現場ですぐに実践出来る
く演習も含めた実践的スキルの習
リキュラムの工夫も必要であろう。

講座名	
ソフトウェアシステム概論	ソフトウェアシステムを取り
テストの基礎	テストとは何か、なぜテストを行う どを解説。
テスト技法	同値分割法、境界値分析、デシジョンテーブル、 の技法を解説。
ソフトウェアメトリクス	ソフトウェアの規模、開発工数、開発期間、ソフトウェア欠陥率、ソフトウェア欠陥除去率、サイクロマティック複雑度、コードカバレッジなど品質指標を解説。

留意点

◆コアアーキテクチャは一度設計すると長年変更しないことが多く、設計者が定年退職してしまい、新人など次世代がそのノウハウや技術を継承出来ないというケースも現実に発生している。
◆そこで、近年では新人や中堅向けにコアアーキテクチャの教育を社内で実施する取り組みを行う企業も出てきた。現業の仕事はすべてキャンセルし２週間程度の集中研修を受講させることにより、技術の底上げに効果が出始めている。

用のテクニック
ツールの実装
なテ
理
る
ウェ
術技法
する。
ト戦略の立案な
講座
セスの見える化と改善を図るために必
要なスキル
実践活動の中で体得する。品質管理計画、マスターテストプラン立案などの実習を含む。

差分開発、改良開発ばかりでエンジニアの技術力やテストスキルを底上げするにはどうしたらいいのかとお悩みではありませんか？

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

IPAセミナー（ESxRシリーズ関連）

SEC Software Reliability Enhancement Center

2013年6月14日（金）@会議センター 会議室A+B

第4部 11:00～12:30

新 刊

- **組込みソフトウェア向け設計ガイド ESDR[事例編]紹介**
- 株式会社アックス 浜田直樹
- 三菱電機メカトロニクスソフトウエア（株） 岩橋正実
- 横河医療ソリューションズ（株） 楢木野公彦

第5部 13:00～14:30

新 刊

- **組込みソフトウェアテスト事例集の紹介**
- IPA/SEC研究員　石田　茂
- 日本電気通信システム株式会社　羽田　裕

第6部 15:00～16:30

予 告

- **組込みソフトウェア開発におけるバグ管理ガイドの紹介**
- IPA/SEC調査役　三原　幸博

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

IPAブースプレゼン（ESxRシリーズ関連）

SEC
Software Reliability Enhancement Center

6月13日（木）

- 11:30～11:50　設計ガイド
- 14:00～14:20　テスト事例集
- 16:00～16:20　バグ管理ガイド

6月14日（金）

- 10:30～10:50　ESxRシリーズ全体
- 16:00～16:20　ESxRシリーズ全体

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved

ご清聴ありがとうございました

Copyright © 2013 IPA, All Rights Reserved